1~21 日龄爱拔益加×罗曼肉杂鸡饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸适宜水平研究

司倩倩[1] 毕慧娟[1] 张庭荣[1] 王述柏[1*] 曹顶国[2]

（1.青岛农业大学动物科技学院，青岛 266109；2.山东省农业科学院家禽研究所，济南 250023）

摘 要：本试验旨在研究 1~21 日龄爱拔益加（AA）×罗曼肉杂鸡饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸的适宜水平。采用 L_9（3^4）正交试验设计，饲粮代谢能水平分别为 11.70、12.12、12.54 MJ/kg；粗蛋白质水平分别为 19%、20%、21%；蛋氨酸水平分别为 0.45%、0.50%、0.55%；赖氨酸水平分别为 1.00%、1.10%、1.20%。选取 1 日龄 AA×罗曼肉杂鸡 864 只，随机分为 9 组，每组 6 个重复，每个重复 16 只，试验期 21 d。通过饲养试验、屠宰试验等方法检测不同营养水平饲粮的饲喂效果。结果表明：1）饲粮粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对试验鸡平均日增重有显著影响（P<0.05），21%粗蛋白质水平组显著高于 20%粗蛋白质水平组（P<0.05），0.50%蛋氨酸水平组显著高于 0.55%蛋氨酸水平组（P<0.05），1.20%赖氨酸水平组显著高于 1.10%赖氨酸水平（P<0.05）。2）饲粮代谢能水平对 21 日龄试验鸡活体能量含量有显著影响（P<0.05），12.12 MJ/kg 代谢能水平组显著高于 12.54 MJ/kg 代谢能水平组（P<0.05）；饲粮蛋氨酸水平对试验鸡活体粗脂肪含量有显著影响（P<0.05），0.50%和 0.55%蛋氨酸水平组显著高于 0.45%蛋氨酸水平组（P<0.05）。3）饲粮代谢能和粗蛋白质水平对 21 日龄试验鸡活体能量沉积率有显著影响（P<0.05），11.70 MJ/kg 代谢能水平组显著高于 12.54 MJ/kg 代谢能水平组（P<0.05），21%粗蛋白质水平组显著高于 20%和 19%粗蛋白质水平组（P<0.05）；1.10%赖氨酸水平组的试验鸡活体赖氨酸沉积率显著高于 1.20%赖氨酸水平组（P<0.05）。4）饲粮赖氨酸水平对试验鸡血清葡萄糖、尿酸、尿素氮水平有显著影响（P<0.05），1.00%赖氨酸水平组血清葡萄糖水平最高，显著高于 1.20%赖氨酸水平组（P<0.05），1.10%赖氨酸水平组血清尿酸水平最高，显著高于 1.20%赖氨酸水平组（P<0.05），1.20%赖氨酸水平组血清尿素氮水平最高，显著高于 1.10%赖氨酸水平组（P<0.05）。5）由回归分析得出 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸适宜水平的计算公式分别为 ME=45.33$W^{0.75}$+183.84ΔW，

收稿日期：2015-08-04

基金项目：山东省自主创新成果转化重大专项课题（2010ZHZX1A0420）；山东省现代农业产业技术体系创新团队（6682213032）

作者简介：司倩倩（1990-），女，山东德州人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学，E-mail: 1052472570@qq.com

*通信作者：王述柏，教授，硕士生导师，E-mail： wshubai@163.com

$CP=19.77W^{0.75}+626.47\Delta W$，$Met=1.44W^{0.75}+10.31\Delta W$，$Lys=3.01W^{0.75}+21.28\Delta W$（$W^{0.75}$为代谢体重，$\Delta W$ 为平均日增重），根据公式计算得出饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸的适宜水平分别为 11.90 MJ/kg、21.08%、0.51%和 1.05%。

关键词：肉杂鸡；代谢能；粗蛋白质；蛋氨酸；赖氨酸；营养需要量

中图分类号：S831.5　　　　　文献标识码：A　　　文章编号：

爱拔益加（Arbor Acres，AA）×罗曼肉杂鸡是采用白羽肉用型品种（AA 肉鸡父母代公鸡）和蛋用型品种（罗曼蛋鸡商品代母鸡）杂交培育成的肉杂鸡，为“817”肉鸡杂交系之一，具有生产成本低，肉质鲜美，体型适中等特点，适宜于扒鸡、烧鸡、熏鸡加工[1]。目前，“817”肉鸡全国出栏量达 10 亿只以上，更多地被用于加工白条鸡、西装鸡、调理鸡、烤鸡等产品，已成为我国肉鸡产业的一个重要组成部分，且社会经济效益显著[2]。“817”肉鸡不同于快大型白羽肉鸡以及我国地方优质肉鸡，属蛋鸡与肉鸡的杂交系，最早于 1988 年在山东聊城开始饲养[3]。目前，“817”肉鸡的营养需要量、生长发育规律和品种标准等方面都需要进行系统的探索和研究[1]，尚缺乏 AA×罗曼肉杂鸡代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸需要量的相关研究报道。鉴此，本试验研究了 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸的适宜水平，旨在为其饲粮的合理配制提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　试验动物

健康 1 日龄 AA×罗曼肉杂鸡（AA 肉鸡父母代公鸡×罗曼褐壳蛋鸡商品代母鸡）864 只，购自济南利民种鸡场。

1.1.2　主要仪器设备

Parr6200 型全自动氧弹量热仪、KND-102C 定氮仪、日立 L-8900 全自动氨基酸分析仪、烘箱、XD811 半自动生化仪、电子分析天平、低温高速离心机等。

1.2　试验设计

1 日龄 AA×罗曼肉杂鸡 864 只，随机分为 9 组，每组 6 个重复，每个重复 16 只。试验鸡均采用笼养方式饲养，自由采食和饮水，常规饲养管理，试验期 21 d。饲粮配制采用 4 因子 3 水平正交试验设计（表 1），代谢能水平分别为 11.70、12.12、12.54 MJ/kg；粗蛋白质水平分别为 19%、20%、21%；蛋氨酸水平分别为 0.45%、0.50%、0.55%；赖氨酸水平分别为 1.00%、1.10%、1.20%。除代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸外，各组饲粮其他营养水

平相同，饲粮组成及营养水平见表 2。

表 1　试验设计

Table 1　The experiment design

组别 Groups	粗蛋白质 CP/%	代谢能 ME/（MJ/kg）	蛋氨酸 Met/%	赖氨酸 Lys/%
1	19.00	11.70	0.45	1.00
2	19.00	12.12	0.50	1.10
3	19.00	12.54	0.55	1.20
4	20.00	11.70	0.50	1.20
5	20.00	12.12	0.55	1.00
6	20.00	12.54	0.45	1.10
7	21.00	11.70	0.55	1.10
8	21.00	12.12	0.45	1.20
9	21.00	12.54	0.50	1.00

表 2　饲粮组成及营养水平

Table 2　Composition and nutrient levels of diets　　　　%

项目 Items	组别 Groups								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
原料 Ingredients									
玉米 Corn	51.79	54.19	61.39	51.06	53.40	59.86	48.92	50.66	55.62
次粉 Wheat middling	9.00	8.00		8.00	2.00		7.70	7.60	1.00
麦麸 Wheat bran	4.50	2.00		4.00	7.00		3.50		2.00
豆粕 Soybean meal	26.47	26.50	26.00	28.60	28.00	26.00	30.50	32.40	27.65
玉米蛋白粉 Corn protein meal	1.30	1.00	3.00	1.00	3.00	4.00	4.00	1.65	5.00

鱼粉 Fish meal	2.00	2.66	3.00	2.70	0.80	4.00	1.00	2.30	3.00
鱼油 Fish oil	0.65	1.45	2.30	0.50	1.60	2.24	0.40	1.44	2.10
L-赖氨酸 *L*-Lys		0.05	0.17	0.07		0.02			
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.13	0.18	0.22	0.17	0.22	0.09	0.20	0.10	0.14
苏氨酸 Thr	0.08	0.05	0.05	0.01	0.01	0.02			
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.33	1.30	1.42	1.27	1.36	1.28	1.15	1.30	1.05
石粉 Limestone	1.50	1.37	1.20	1.37	1.36	1.24	1.38	1.30	1.19
预混料 Premix1)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
食盐 NaCl	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)									
代谢能 ME/（MJ/kg）	11.70	12.12	12.54	11.70	12.12	12.54	11.71	12.12	12.54
粗蛋白质 CP	19.02	19.01	19.03	20.03	20.00	20.02	21.03	21.02	21.00
蛋氨酸 Met	0.45	0.50	0.55	0.50	0.55	0.45	0.55	0.45	0.50
赖氨酸 Lys	1.00	1.10	1.20	1.20	1.00	1.10	1.10	1.20	1.00
钙 Ca	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
有效磷 AP	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
总磷 TP	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 16 000 IU，VD 8 000 IU，VE 44 IU，VK_3 2.67 mg，VB_1 3.24 mg，VB_2 12.80 mg，VB_6 5.12 mg，VB_{12} 20.48 mg，生物素 biotin 0.32 mg，Fe 100 mg，Cu 8.33 mg，Zn 74.67 mg，Mn 82.67 mg，I (10%) 2.5 mg，Se 0.86 mg。

2) 粗蛋白质、钙和总磷为实测值，其余为计算值。CP, Ca and TP were measured values, while the others were calculated values.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长性能

以重复为单位，称量 1 日龄雏鸡空腹体重，并于 21 日龄 08：00 称量空腹体重；以重复为单位记录日采食量。计算 1~21 日龄试验鸡平均日增重（average daily gain,ADG）、平均日采食量(average daily feed intake,ADFI)和料重比（ratio of feed to gain,F/G）。

1.3.2 活体养分和养分沉积率

采用比较屠宰试验测定试验鸡活体养分和养分沉积率。

取 1 日龄雏鸡 6 只，称重后窒息致死，-20 ℃冷冻待测。于 21 日龄，每重复取 1 只接近平均体重的试验鸡（空腹），窒息致死，-20 ℃冷冻待测。试验鸡室温自然解冻，去除鸡消化道内容物后称重空体，将鲜样制成风干样品待测，样品处理方法参见文献[4]。

鸡肉水分、粗蛋白质和粗脂肪含量的测定方法参见文献[5]，鸡肉总能采用 Parr6200 型全自动氧弹量热仪测定，氨基酸含量采用日立 L-8900 全自动氨基酸分析仪测定。

试验鸡活体养分含量：将测得的风干样品中各养分含量折算为鲜样含量。

试验鸡活体某养分含量(%)=风干样品中该养分的含量×［100-水分含量（%）］；

试验鸡某养分平均日摄入量(g)=饲料中该养分含量×采食量/试验天数；

试验鸡体某养分平均日沉积量(g)=（21 日龄空体该养分含量×21 日龄空体风干重-1 日龄活体该养分含量×1 日龄活重）/试验天数；

某养分在试验鸡体内的沉积率(%)=（该养分沉积量/该养分食入量）×100。

1.3.3 血清生化指标

21 日龄时，每重复随机选取 1 只鸡，心脏采血 4~5 mL，离心分离血清于-20 ℃保存待测。血清各项生化指标均采用 XD811 半自动生化仪检测。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据应用 Excel 软件进行初步统计和回归分析，用 SPSS 17.0 统计软件对所有试验数据进行正交试验方差分析，并用 LSD 最小显著差数法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡生长性能的影响

由表 3 可知，饲粮代谢能水平对试验鸡各生长性能指标均无显著影响（P>0.05）。饲粮粗蛋白质水平对试验鸡平均日采食量、料重比的影响差异不显著（P>0.05），但平均日增重以 21%粗蛋白质水平组最高，显著高于 20%粗蛋白质水平组（P<0.05），与 19%粗蛋白质水平组差异不显著（P>0.05）。饲粮蛋氨酸水平对试验鸡平均日采食量、料重比的影

响差异不显著（P>0.05），但平均日增重以 0.5%蛋氨酸水平组最高，显著高于 0.55%蛋氨酸水平组（P<0.05），与 0.45%蛋氨酸水平组差异不显著（P>0.05）。饲粮赖氨酸水平对试验鸡平均日采食量、料重比的影响差异不显著（P>0.05），但平均日增重以 1.2%赖氨酸水平组最高，显著高于 1.10%赖氨酸水平组（P<0.05），与 1.00%赖氨酸水平组差异不显著（P>0.05）。

表 3　1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡的生长性能

Table 3　The growth performance of AA×Roman hybrid broilers aged from 1 to 21 days

项目 Items	水平 Level	平均日增重 ADG/（g/d）	平均日采食量 ADFI/(g/d）	料重比 F/G
代谢能 ME/	11.70	18.33±1.06	31.03±3.70	1.70±0.22
（MJ/kg）	12.12	16.75±1.65	29.75±3.10	1.78±0.16
	12.54	17.19±2.23	29.10±3.24	1.70±0.15
	19.00	17.07±1.15^{ab}	30.84±2.67	1.81±0.12
粗蛋白质	20.00	16.63±2.06^{b}	28.14±2.86	1.70±0.14
CP/%	21.00	18.56±1.56^{a}	30.89±3.89	1.67±0.22
	0.45	17.59±1.65^{ab}	30.24±3.89	1.71±0.15
蛋氨酸 Met/%	0.50	18.53±1.89^{a}	31.20±2.28	1.70±0.18
	0.55	16.15±0.89^{b}	28.43±3.34	1.76±0.19
	1.00	17.84±2.31^{ab}	30.47±3.45	1.72±0.14
赖氨酸 Lys/%	1.10	16.33±0.73^{b}	28.85±4.05	1.77±0.23
	1.20	18.10±1.54^{a}	30.54±2.37	1.69±0.15

同列同一项目，数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，肩标不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)，无肩标或肩标相同字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

In the same column and the same item, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡活体养分含量的影响

由表 4 可知，饲粮代谢能水平对试验鸡活体水分、粗蛋白质、粗脂肪、蛋氨酸、赖氨酸含量均无显著影响（P>0.05），但活体能量含量以 12.12 MJ/kg 代谢能水平组为最高，显著高于 12.54 MJ/kg 代谢能水平组（P<0.05），与 11.70 MJ/kg 代谢能水平组差异不显著

（*P*>0.05）。饲粮粗蛋白质和赖氨酸水平对试验鸡活体养分含量均无显著影响（*P*>0.05）。饲粮蛋氨酸水平对试验鸡活体水分、能量、粗蛋白质、蛋氨酸、赖氨酸含量均无显著影响（*P*>0.05），但对活体粗脂肪含量有显著影响（*P*<0.05），0.50%和 0.55%蛋氨酸水平组活体粗脂肪含量显著高于 0.45%蛋氨酸水平组（*P*<0.05）。

表 4　21 日龄肉杂鸡活体养分含量

Table 4　The body nutrient contents of AA×Roman hybrid broilers aged 21 days

项目 Items	水平 Level	水分 Water/%	能量 Energy/（MJ/kg）	粗蛋白质 CP/%	粗脂肪 EE/%	蛋氨酸 Met/%	赖氨酸 Lys/%
代谢能 ME/（MJ/kg）	11.70	69.39±0.51	6.76±0.21[ab]	21.30±0.73	6.88±0.57	0.19±0.03	0.55±0.08
	12.12	68.96±0.34	6.96±0.35[a]	21.43±0.61	7.21±0.80	0.20±0.03	0.57±0.08
	12.54	69.24±0.45	6.57±0.24[b]	21.43±1.08	7.08±0.69	0.20±0.02	0.55±0.07
粗蛋白质 CP/%	19.00	69.25±0.41	6.75±0.36	21.38±1.13	6.87±0.61	0.21±0.02	0.59±0.06
	20.00	69.01±0.38	6.63±0.20	21.22±0.64	7.12±0.66	0.20±0.03	0.57±0.08
	21.00	69.33±0.55	6.92±0.31	21.57±0.58	7.18±0.80	0.19±0.03	0.52±0.08
蛋氨酸 Met/%	0.45	69.03±0.37	6.72±0.36	21.44±0.69	6.60±0.34[b]	0.19±0.03	0.53±0.07
	0.50	69.19±0.48	6.93±0.28	21.23±0.83	7.25±0.82[a]	0.20±0.03	0.57±0.10
	0.55	69.37±0.49	6.65±0.24	21.49±0.94	7.32±0.61[a]	0.21±0.02	0.57±0.04
赖氨酸 Lys/%	1.00	69.20±0.43	6.71±0.17	21.63±0.73	7.24±0.93	0.19±0.01	0.53±0.05
	1.10	69.35±0.48	6.80±0.40	21.26±0.54	7.17±0.55	0.21±0.02	0.59±0.06
	1.20	69.03±0.45	6.78±0.35	21.28±1.08	6.76±0.43	0.19±0.04	0.55±0.09

2.3　饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡活体养分沉积率的影响

由表 5 可知，饲粮代谢能水平对试验鸡活体能量沉积率有显著影响（*P*<0.05），以 11.70 MJ/kg 代谢能水平组最高，显著高于 12.54 MJ/kg 代谢能水平组（*P*<0.05），与 12.12 MJ/kg 代谢能水平组差异不显著（*P*>0.05）；但对活体粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸沉积率均无显著影响（*P*>0.05）。饲粮粗蛋白质水平对试验鸡活体能量沉积率有显著影响（*P*<0.05），21%粗蛋白质水平组活体能量沉积率显著高于 20%和 19%粗蛋白质水平组（*P*<0.05）；但对活体粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸沉积率均无显著影响（*P*>0.05）。饲粮蛋氨酸水平对试验鸡活体养分沉积率均无显著影响（*P*>0.05）。饲粮赖氨酸水平对试验鸡活体赖氨酸沉积

率有显著影响（$P<0.05$），1.10%赖氨酸水平组活体赖氨酸沉积率显著高于 1.20%赖氨酸水平组（$P<0.05$），与 1.00%赖氨酸水平组差异不显著（$P>0.05$）；对活体能量、粗蛋白质和蛋氨酸沉积率均无显著影响（$P>0.05$）。

表 5　21 日龄肉杂鸡活体养分沉积率

Table 5　The body nutrient deposition rate of AA×Roman hybrid broilers aged 21 days　　%

项目 Items	水平 Level	能量沉积率 Energy deposition rate	粗蛋白质沉积率 CP deposition rate	蛋氨酸沉积率 Met deposition rate	赖氨酸沉积率 Lys deposition rate
代谢能 ME/（MJ/kg）	11.70	34.45±3.87^{a}	62.32±6.36	20.16±3.71	25.59±4.41
	12.12	33.07±3.31^{a}	60.43±5.37	19.92±2.39	26.52±4.97
	12.54	30.79±3.34^{b}	61.96±5.39	20.69±2.57	25.28±3.48
粗蛋白质 CP/%	19.00	31.37±2.76^{b}	62.25±5.30	20.94±2.10	27.10±3.99
	20.00	31.80±3.36^{b}	61.45±4.59	20.22±3.53	25.94±3.68
	21.00	35.14±4.03^{a}	61.01±7.10	19.61±2.92	24.34±4.84
蛋氨酸 Met/%	0.45	32.00±3.08	62.46±4.63	21.16±2.41	25.67±3.53
	0.50	34.63±3.15	61.34±5.89	20.51±3.12	25.93±5.71
	0.55	31.67±4.41	60.92±6.55	19.10±2.90	25.78±3.47
赖氨酸 Lys/%	1.00	32.56±2.52	62.55±4.49	19.75±2.07	26.09±2.92^{ab}
	1.10	32.64±4.40	59.59±5.80	21.01±3.28	27.75±4.86^{a}
	1.20	33.09±4.34	62.57±6.33	20.01±3.22	23.54±3.85^{b}

2.4　饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡血清生化指标的影响

由表 6 可知，饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸水平对试验鸡血清总蛋白、葡萄糖、甘油三酯、总胆固醇、尿酸和尿素氮水平无显著影响（$P>0.05$）。饲粮赖氨酸水平对试验鸡血清葡萄糖水平有显著影响（$P<0.05$），以 1.00%赖氨酸水平组最高，显著高于 1.20%赖氨酸水平组（$P<0.05$），与 1.10%赖氨酸水平组差异不显著（$P>0.05$）；饲粮赖氨酸水平对试验鸡血清尿酸水平有显著影响（$P<0.05$），以 1.10%赖氨酸水平组最高，显著高于 1.20%赖氨酸水平组（$P<0.05$），与 1.00%赖氨酸水平组差异不显著（$P>0.05$）；饲粮赖氨酸水平对试验鸡血清尿素氮水平有显著影响（$P<0.05$），以 1.20%赖氨酸水平组最高，显著高于 1.10%赖氨酸水平组（$P<0.05$），与 1.00%赖氨酸水平组差异不显著（$P>0.05$）。

表 6　21 日龄肉杂鸡血清生化指标

Table 6　The serum biochemical indexes of AA×Roman hybrid broilers aged 21 days

项目 Items	水平 Levels	总蛋白 TP g/L	葡萄糖 BG mmol/L	甘油三酯 TG mmol/L	总胆固醇 TC mmol/L	尿酸 UA μmol/L	尿素氮 UN mmol/L
代谢能 ME/	11.70	50.00±12.29	11.03±2.82	0.63±0.38	5.65±4.70	525.11±145.30	1.40±0.73
(MJ/kg)	12.12	54.56±17.39	9.88±2.60	0.62±0.18	5.66±4.94	551.89±167.21	1.52±0.47
	12.54	54.11±12.49	10.01±2.69	0.52±0.08	5.61±4.66	557.00±166.04	1.85±0.59
	19.00	50.67±10.51	9.80±2.58	0.47±0.10	3.82±1.45	528.56±120.96	1.46±0.77
粗蛋白质	20.00	56.00±13.21	10.60±3.10	0.64±0.23	5.65±4.74	574.22±191.61	1.55±0.58
CP/%	21.00						
		52.00±17.92	9.41±1.65	0.65±0.33	7.45±6.02	531.22±156.45	1.75±0.48
	0.45	51.00±15.46	9.80±2.77	0.56±0.19	5.53±4.97	557.11±177.16	1.48±0.64
蛋氨酸	0.50	53.22±12.66	11.14±3.25	0.54±0.25	6.78±6.21	519.56±168.45	1.70±0.74
Met/%	0.55	54.44±14.75	9.98±1.86	0.68±0.29	4.61±1.54	557.33±128.35	1.58±0.49
	1.00	54.00±12.28	12.26±1.54^{a}	0.52±0.16	5.17±4.68	558.56±104.40^{ab}	1.55±0.74^{ab}
赖氨酸	1.10	45.78±11.04	10.79±2.36^{a}	0.66±0.25	6.77±6.42	620.44±166.58^{a}	1.31±0.57^{b}
Lys/%	1.20	58.89±15.88	7.87±1.92^{b}	0.59±0.31	4.98±1.74	455.00±151.42^{b}	1.91±0.39^{a}

2.5　代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸需要量的回归分析结果

分别以养分代谢体重比 ME/W$^{0.75}$、CP/W$^{0.75}$、Met/W$^{0.75}$ 和 Lys/W$^{0.75}$ 为依变量(Y)，分别以对应的养分沉积率代谢体重比 RE/W$^{0.75}$、RCP/W$^{0.75}$、RMet/W$^{0.75}$ 和 RLys/W$^{0.75}$ 为自变量(X)进行一元线性回归分析得出回归方程 Y=a+bX。根据营养需要量研究方法中的析因法公式：总营养需要=维持需要+生产需要，则知回归方程的截距 a 即为每千克代谢体重的维持需要，回归系数 b 为单位沉积净能所需要代谢能摄入量(或单位沉积蛋白质所需要蛋白质摄入量)，R^2 为相关系数。回归分析结果见表 7。

表 7　1~21d 日龄肉杂鸡 ME/W$^{0.75}$、CP/W$^{0.75}$、Met/W$^{0.75}$、Lys/W$^{0.75}$ 和 RE/W$^{0.75}$、RCP/W$^{0.75}$、RMet/W$^{0.75}$、RLys/W$^{0.75}$ 的回归分析结果

Table 7　The results of regression analysis between ME/W$^{0.75}$, CP/W$^{0.75}$, Met/W$^{0.75}$, Lys/W$^{0.75}$ and RE/W$^{0.75}$, RCP/W$^{0.75}$, RMet/W$^{0.75}$ and RLys/W$^{0.75}$ of broilers aged from 1 to 21 days

项目 Items	Y=a+bX	R^2	P 值 P-value
代谢能 ME	Y=1.337 9X+45.329	0.859 7	0.033

粗蛋白质 CP	Y=1.469 3X+19.772	0.881 6	0.011
蛋氨酸 Met	Y=2.926 9X+1.440 8	0.870 2	0.001
赖氨酸 Lys	Y=2.156 3X+3.009 1	0.863 8	0.001

根据平均日增重、代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸的沉积量分别计算出每克增重所需的代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸，再根据回归方程中的 b 值即可分别得出代谢能（MJ/kg）、粗蛋白质（%）、蛋氨酸（%）和赖氨酸（%）适宜水平的计算公式：

ME=45.33$W^{0.75}$+183.84ΔW

CP=19.77$W^{0.75}$+626.47ΔW

Met=1.44$W^{0.75}$+10.31ΔW

Lys=3.01$W^{0.75}$+21.28ΔW

式中：$W^{0.75}$ 为代谢体重(kg);ΔW 为平均日增重(g)。

根据上述公式和平均日增重、代谢体重分别计算出 1~21 d 试验鸡饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸的适宜水平分别为 11.90 MJ/kg、21.08%、0.51%和 1.05%。

3 讨 论

3.1 饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 AA×罗曼肉杂鸡生长性能的影响

饲粮代谢能水平能否满足肉鸡需要量直接影响其采食量、活体养分和饲料转化率。Parsons 等[6]研究表明，在适宜范围内，饲粮较高代谢能水平可提高肉鸡生长速度和饲料转化率。Adeyemo[7]研究表明，饲粮蛋白质水平（14%~17%）对蛋鸡（8~26 周龄）日采食量、日增重和料蛋比影响均不显著。陈继兰等[8]研究表明，饲粮代谢能水平对石岐黄肉鸡日增重、采食量、饲料转化率、代谢能采食量、粗蛋白质采食量均有极显著影响，且随代谢能水平的提高，日增重和饲料转化率均显著提高，采食量和粗蛋白质采食量呈下降趋势；随粗蛋白质水平的提高（16%~22%），日增重和饲料转化率分别呈显著和极显著增加。蒋桂韬等[9]研究表明，饲粮代谢能水平对樱桃谷肉鸭各项生长性能指标均无显著影响。许美解等[10]研究结果显示，饲粮粗蛋白质水平对 14~21 周龄湘黄鸡日采食量、日增重和料重比影响均不显著。史景松[11]研究表明，饲粮代谢能与蛋白质互作对 1~21 日龄肉鸡生产性能无显著影响。本试验结果显示，随饲粮代谢能水平提高，1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡平均日采食量有降低趋势，而平均日增重和料重比无明显变化；饲粮粗蛋白质水平对 AA×罗曼肉杂鸡平均日增重有显著影响，其中 21%粗蛋白质水平组的平均日增重显著高于 20%粗蛋白质水平组，与 Swennen 等[12]研究结果一致，可能是因为低能量高蛋白质饲粮可促进 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡的生长性能。本试验结果与上述报道结果不相一致，其原因可能与

能量和蛋白质的设置水平、不同品种鸡的生理特点及营养需要特点不同有关。

陈志敏等[13]研究显示，饲粮赖氨酸水平对 1~21 日龄雄性肉仔鸡采食量、平均日增重、饲料转化率、全净膛率、胸肌率、腹脂率均有显著影响，以快速生长及胴体品质为判定指标确定赖氨酸的适宜添加水平为 1.10%~1.25%。李建民等[14]研究结果表明，饲粮蛋氨酸水平（0.50%、0.60%、0.70%）对岭南黄鸡增重、耗料量和料肉比等指标均无显著影响。本试验结果表明，饲粮蛋氨酸和赖氨酸水平对 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡平均日增重均有显著影响(P<0.05)，且低水平蛋氨酸（0.50%、0.45%）和高水平赖氨酸（1.20%）更有利于增重。可见，1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡的蛋氨酸和赖氨酸需要量与其他品种肉鸡接近。

3.2　饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 AA×罗曼肉杂鸡活体养分含量及养分沉积率的影响

有关饲粮代谢能、粗蛋白质和氨基酸水平对鸡活体养分含量及养分沉积率影响的报道结果不尽相同。Sklan 等[15]研究结果表明，随饲粮赖氨酸水平（0.7%、0.9%、1.1%、1.3%、1.5%）的提高，7~21 日龄肉鸡胴体蛋白质沉积显著提高。李忠荣等[16]研究结果表明，福建河田鸡胴体脂肪含量与饲粮能量、蛋白质水平呈负相关，胴体蛋白质含量与饲粮蛋白质水平呈正相关，胴体水分含量与饲粮能量、蛋白质水平呈正相关。蒋守群等[17]研究结果表明，随饲粮代谢能水平增加，0~21 日龄岭南黄肉鸡胴体粗脂肪含量显著增加，粗蛋白质含量显著降低。席鹏彬等[18]研究结果表明，0.35%、0.40%、0.45%饲粮蛋氨酸水平可显著提高 43~63 日龄黄羽肉鸡胴体蛋白质含量。李俊波等[19]报道，饲喂高营养水平饲粮，丝羽乌骨鸡的养分采食量及粗蛋白质、蛋氨酸排出量均较高，但能量、赖氨酸的排出量却低于低营养水平饲粮。本试验结果表明，饲粮代谢能和蛋氨酸水平对 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡活体养分有显著影响，代谢能水平与活体能量含量未构成正相关关系，中能组（12.12 MJ/kg）对活体能量含量的影响高于低能组（11.70 MJ/kg）和高能组（12.54 MJ/kg），而活体脂肪含量与饲粮蛋氨酸水平呈正相关关系；饲粮代谢能和粗蛋白质水平对 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡活体能量沉积率有显著影响，低、中能组（11.70、12.12 MJ/kg）对活体能量沉积率的影响高于高能组(12.54 MJ/kg)，且高蛋白质组（21%）对活体能量沉积率的影响高于低、中蛋白组（19%、20%），上述结果表明饲粮能量、蛋白质及蛋氨酸水平可显著影响 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡体内的能量代谢。机体内物质代谢活动复杂，受多种因素影响，品种、生长阶段、饲粮营养水平、营养素之间的互作都可能是上述研究结果不一致的原因。

Esmail[20]报道，在较低饲粮蛋白质水平下，肉仔鸡饲粮代谢能主要以脂肪形式沉积，提高饲粮蛋白质水平，肉仔鸡体蛋白质沉积提高而体脂肪沉积相对下降。Esmail[20]、Bikker

等[21]研究结果表明，在肉仔鸡蛋白质摄入足量时体蛋白质的沉积主要受摄入代谢能的影响，而摄入蛋白质较低时，过多的饲粮代谢能主要用于体脂肪的沉积。由此可见，饲粮营养水平及不同营养素之间的互作对机体养分沉积有重要影响。

3.3　饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 AA×罗曼肉杂鸡血清生化指标的影响

血清中各种生化指标水平及变化规律是动物机体重要的生物学特征，它反映了动物机体生理功能与性状表现之间的关系，也反映了不同品种、性别、年龄和外界环境条件下动物机体的生理特征[22]。从营养角度看，血清蛋白质、葡萄糖水平和机体的营养状况密切相关。血清尿素氮水平可以反映可消化蛋白质的利用率和饲粮氨基酸的平衡状况，当蛋白质利用率降低时，血清中尿素氮水平首先增加；体内氨基酸平衡状况良好时，血清中尿素氮水平下降[23]。尿酸水平是反映禽类蛋白质营养状况和代谢水平的一个重要指标，饲粮中蛋白质水平的差异可导致血浆中尿酸水平的变化，血清中尿酸水平升高，说明机体内氮的排出量增加，机体氮的沉积受到影响[24]。范春鹤[25]报道认为，随饲粮能量水平提高，肉仔鸡血清葡萄糖呈升高趋势。王信喜[26]研究结果表明，饲粮能量、蛋白质水平对70日龄扬州鹅血清尿素氮、总胆固醇和甘油三酯水平均无显著影响。李忠荣等[27]研究结果表明，低蛋白质水平饲粮对28日龄河田鸡血清尿素氮、尿酸水平及碱性磷酸酶活性影响无显著差异。本试验结果表明，饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸水平对1~21日龄AA×罗曼肉杂鸡血清总蛋白、葡萄糖、甘油三酯、总胆固醇、尿酸和尿素氮水平的影响差异均不显著，与王信喜[26]、李忠荣等[27]报道结果一致，说明本试验饲粮营养水平未引起机体蛋白质、氨基酸及脂类代谢异常。

4　结论

①　从生长性能看，饲粮粗蛋白质、蛋氨酸和赖氨酸水平对 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡平均日增重有显著影响，粗蛋白质、蛋氨酸、赖氨酸水平分别为 21%、0.50%和 1.20%时可改善平均日增重、平均日采食量和料重比；饲粮代谢能水平对生长性能指标的影响无显著差异，以 11.70 MJ/kg 为宜。

②从养分沉积看，饲粮代谢能水平对 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡活体能量含量和能量沉积率均有显著影响，12.12 MJ/kg 可显著提高活体能量含量，11.70 MJ/kg 可显著提高活体能量沉积率；饲粮粗蛋白质水平为 21%时可显著提高活体能量沉积率；饲粮蛋氨酸水平为 0.55%时可显著提高活体脂肪含量，饲粮赖氨酸水平为 1.10%时可显著提高活体赖氨酸

沉积率。

③ 饲粮代谢能、粗蛋白质、蛋氨酸水平对 1~21 日龄 AA×罗曼肉杂鸡血清总蛋白、甘油三酯、总胆固醇、尿酸和尿素氮水平影响差异不显著；赖氨酸对血清葡萄糖、尿酸、尿素氮水平有显著影响。

参考文献：

[1] 苏从成.817优质肉鸡生长规律的研究[J].家禽科学,2011(10):14–16.

[2] 逯岩,曹顶国,雷秋霞.“817”肉鸡生产现状及存在的问题[J].家禽科学,2010(1):4–6.

[3] 李振,姜淑贞,杨维仁,等.不同能量水平对杂交肉鸡生产性能影响的研究[J].家禽科学,2011(1):13–16.

[4] 杨宁.家禽生产学[M].北京:中国农业出版社,2002:289–292.

[5] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,2007:21–63.

[6] PARSONS C M,ZHANG Y,ARABA M.Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content[J].Poultry Science,2000,79(8):1127–1131.

[7] ADEYEMO G O.Influence of varying crude protein levels and balanced amino acids on the performance and haematological characteristics of laying hens at the second phase of production[J].Food and Nutrition Sciences,2013,4:11–15.

[8] 陈继兰,吕连山,赵玲,等.石岐黄肉鸡前期日粮适宜的能量和蛋白质水平的研究[J].中国畜牧杂志,1998,34(4):10–11.

[9] 蒋桂韬,张旭,孙鏖,等.日粮不同代谢能水平及复合酶对樱桃谷肉鸭生长性能、养分利用率和血清生化指标的影响[J].中国饲料,2014(14):32–37.

[10] 许美解,刘小飞,钟金凤.14~21 周龄湘黄鸡日粮适宜能量和蛋白质水平的研究[J].家畜生态学报,2010,31(3):35–40.

[11] 史景松.肉鸡能量和蛋白质需要量的研究[D].硕士学位论文.西安:西北农林科技大学,2009.

[12] SWENNEN Q,JANSSENS G P J,DECUYPERE E,et al.Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens:energy and protein metabolism and diet-induced thermogenesis[J].Poultry Science,2004,83(12):1997–2004.

[13] 陈志敏,蔡辉益,刘国华,等.不同赖氨酸添加水平对肉仔鸡生产性能和胴体品质的影响[J].

中国家禽,2004,26(11):11–13.
[14] 李建民,王玉海,董淑丽,等.日粮蛋氨酸含量对岭南黄鸡前期生产性能的影响[J].甘肃畜牧兽医,2001,31(6):8–9.
[15] SKLAN D,NOY Y.Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks:effect of dietary supply[J].Poultry Science,2004,83(6):952–961.
[16] 李忠荣,杨烨,刘景,等.日粮能量、蛋白质水平对福建河田鸡胴体品质的影响[J].福建农业大学学报,2000,29(3):371–375.
[17] 蒋守群,丁发源,林映才,等.能量水平对 0~21 日龄岭南黄肉鸡生产性能、胴体品质和体组成的影响[J].中国家禽,2003,7(增刊 1):83–86.
[18] 席鹏彬,林映才,蒋守群,等.饲粮蛋氨酸水平对 43~63 日龄黄羽肉鸡生长性能、胴体品质、羽毛蛋白质沉积和肉质的影响[J].动物营养学报,2011,23(2):210–218.
[19] 李俊波,左绍群,张克英.生长前期丝羽乌骨鸡饲粮适宜能量、蛋白水平研究[J].动物营养学报,2000,12(3):37–43.
[20] ESMAIL S H H.Energy utilization by broiler chickens[J].Poultry International,1999,38(14):60–62.
[21] BIKKER P,KARABINAS V,VERSTEGEN M W A,et al.Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake[J].Journal of Animal Science,1995,73(8):2355–2363.
[22] 李红波.不同营养水平对新疆褐牛日增重和血清生化指标、激素水平变化规律的研究[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.
[23] 杨小婷.饲粮蛋白、能量和纤维水平对圩猪生产性能、肉质和血清生化指标的影响[D].硕士学位论文.合肥:安徽农业大学,2013.
[24] GRAHAM H.Dietary fiber and the monogastric[C]//Proceedings of the 13th westernnutrition conference.Saskatoon:Saskatchewan,1992:16–17.
[25] 范春鹤.日粮能量水平对肉仔鸡生产性能、肉品质及血液生理生化指标影响研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
[26] 王信喜.饲粮赖氨酸水平对仔鹅生长性能、屠宰性能和血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2012.
[27] 李忠荣,陈婉如,叶鼎承,等.低蛋白质日粮对河田鸡生长性能及血清生化指标的影响[J].福建农业学报,2011,26(3):338–344.

Study on the Optimal Levels of Metabolic Energy, Crude Protein, Methionine and Lysine in Diets of Arbor Acres×Roman Hybrid Broilers Age from 1 to 21 Days

SI Qianqian[1] BI HuiJuan[1] ZHANG Tingrong[1] WANG Shubai[1*] CAO Dingguo[2]

（1. *College of Animal Science and Technology*, *Qingdao Agricultural University*, *Qingdao* 266109, *China*; 2. *Poultry Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan* 250023, *China*）

Abstract: The optimal levels of metabolic energy (ME), crude protein (CP), methionine (Met) and lysine (Lys) of Arbor Acres(AA)×Roman hybrid broilers age from 1 to 21 days were studied in this experiment. The L_9（3^4）orthogonal experiment design was used, ME levels were 11.70, 12.12 and 12.54 MJ/kg, CP levels were 19%, 20% and 21%, Met levels were 0.45%, 0.50% and 0.55%, Lys levels were 1.0%, 1.1% and 1.2%, respectively. The broilers were randomly assigned into 9 groups with 6 replicates per group and 16 broilers per replicate. The experiment lasted for 21 days. The feeding effects of diets with different nutrient level were determined by feeding experiment, comparative slaughter experiment and other methods. The results showed as follows: 1) The levels of CP, Met and Lys in diets had significant effect on the average daily gain (P<0.05), which in 21% CP level group was significantly higher than that in 20% CP level group (P<0.05), in 0.50% Met level group was significantly higher than that in 0.55% Met level group (P<0.05), and in 1.20% Lys level group was significantly higher than that in 1.10% Lys level group (P<0.05). 2) The ME level in diets had significant effect on the content of body energy of 21-day-old broilers (P<0.05), which in 12.12 MJ/kg ME level group was significantly higher than that in 12.54 MJ/kg ME level group (P<0.05). The Met level in diets had significant effect on the content of body crude fat (P<0.05), which in 0.50% and 0.55% Met level group was significantly higher than that in 0.45% Met level group (P<0.05). 3) The levels of ME and CP in diets had significant effect on the body energy deposition rate of 21-day-old broilers, which in 11.70 MJ/kg ME level group was significantly higher than that in 12.54 MJ/kg ME level group (P<0.05), and in 21% CP level group was significantly higher than that in 20% and 19% CP level group (P<0.05). The body Lys deposition rate of 21-day-old broilers in 1.10% Lys level group was significantly higher than that in 1.20% Lys level group (P<0.05). 4) The Lys

*Corresponding author, professor, E-mail: wshubai@163.com (责任编辑 李慧英)

level in diets had significant effects on the level of glucose, uric acid and urea nitrogen in serum of 21-day-old broilers (P<0.05), the glucose level in serum in 1.00% Lys level group was the highest, which was significantly higher than that in 1.20% Lys level group （P<0.05）, the uric acid level in serum in 1.10% Lys level group was the highest, which was significantly higher than that in 1.20% Lys level group（P<0.05）, and the urea nitrogen level in 1.20% Lys level group was the highest, which was significantly higher than that in 1.10% Lys level group （P<0.05）. 5) The regression analysis showed that the optimal levels formula of ME, CP, Met and Lys were ME=45.33$W^{0.75}$+183.84ΔW, CP=19.77$W^{0.75}$+626.47ΔW, Met=1.44$W^{0.75}$+10.31ΔW, Lys=3.01$W^{0.75}$+21.28ΔW ($W^{0.75}$ was metabolic weight and ΔW was average daily gain), respectively. According to the above formula, the calculated optimal levels of ME, CP, Met and Lys of AA×Roman hybrid broilers age from 1 to 21 days are 11.90 MJ/kg, 21.08%, 0.51% and 1.05%, respectively.

Key words: hybrid broilers; metabolic energy; crude protein; methionine; lysine; nutrient requirements